

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

**In re U.S. Patent Application of**

**NAKAMURA et al.**

**Application Number: To be Assigned**

**Filed: Concurrently Herewith**

**For: MAGNETIC RECORDING MEDIUM, MAGNETIC  
RECORDING APPARATUS USING THE SAME,  
AND METHOD AND APPARATUS FOR  
MANUFACTURING THE MAGNETIC RECORDING  
MEDIUM**

**ATTORNEY DOCKET NO. HIRA.0115**

**Honorable Assistant Commissioner  
for Patents  
Washington, D.C. 20231**

**REQUEST FOR PRIORITY  
UNDER 35 U.S.C. § 119  
AND THE INTERNATIONAL CONVENTION**

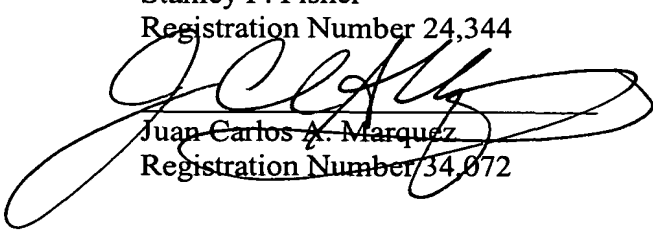
Sir:

In the matter of the above-captioned application for a United States patent, notice is hereby given that the Applicant claims the priority dates of November 28, 2002, and March 26, 2003, the filing date of the corresponding Japanese patent applications 2002-346124 and 2003-86318, respectively.

A certified copy of Japanese patent applications 2002-346124 and 2003-86318 are being submitted herewith. Acknowledgment of receipt of the certified copy is respectfully requested in due course.

Respectfully submitted,

\_\_\_\_\_  
Stanley P. Fisher  
Registration Number 24,344

  
Juan Carlos A. Marquez  
Registration Number 34,072

**REED SMITH LLP**  
3110 Fairview Park Drive  
Suite 1400  
Falls Church, Virginia 22042  
(703) 641-4200  
**June 24, 2003**

(Translation)

PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

Date of Application: November 28, 2002

Application Number: Japanese Patent Application  
No. 2002-346124

Applicant(s): HITACHI, LTD.

April 11, 2003

Commissioner,  
Patent Office

Shinichiro OTA (seal)

Certificate No. 2003-3025961

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年11月28日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-346124

[ ST.10/C ]:

[ JP 2002-346124 ]

出 願 人

Applicant(s):

株式会社日立製作所

2003年 4月11日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3025961

【書類名】 特許願

【整理番号】 H201443

【提出日】 平成14年11月28日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G11B 5/82

【発明者】

【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社  
日立製作所 中央研究所内

【氏名】 中村 敦

【発明者】

【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社  
日立製作所 中央研究所内

【氏名】 鈴木 良夫

【発明者】

【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社  
日立製作所 中央研究所内

【氏名】 棚橋 究

【発明者】

【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社  
日立製作所 中央研究所内

【氏名】 土屋 裕子

【特許出願人】

【識別番号】 000005108

【氏名又は名称】 株式会社 日立製作所

【代理人】

【識別番号】 100091096

【弁理士】

【氏名又は名称】 平木 祐輔

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 015244

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 磁気記録媒体、それを搭載した磁気記録装置、磁気記録媒体の製造方法及び製造装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 少なくとも軟磁性裏打ち層と記録層とを有する磁気記録媒体において、前記記録層の磁化容易方向と磁気記録媒体の法線方向とのなす角度が  $5^{\circ}$  以上  $55^{\circ}$  以下であり、前記磁化容易方向を記録層裏面から表面に向かう方向に取り、記録トラック方向を磁気記録媒体の移動方向の上流側から下流側に向かう方向に取るとき、前記磁化容易方向を磁気記録媒体面に投影した方向と前記記録トラック方向が略一致することを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の磁気記録媒体において、前記記録層の磁化容易方向と磁気記録媒体の法線方向とのなす角度が  $25^{\circ}$  以上  $55^{\circ}$  以下であることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項 3】 請求項 1 に記載の磁気記録媒体において、磁化容易方向を磁気記録媒体面に投影した方向と記録トラック方向とのなす角度が  $70^{\circ}$  以下であることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項 4】 磁気記録媒体と、単磁極ヘッドと、前記単磁極ヘッドを搭載したスライダと、前記スライダを固定するサスペンションアームと、前記サスペンションアームを支持するアクチュエーターを備え、前記アクチュエーターの運動により、前記単磁極ヘッドを磁気記録媒体上の任意の位置に移動させて情報を記録する機能を有する磁気記録装置において、

前記磁気記録媒体は、少なくとも軟磁性裏打ち層と記録層とを有し、前記記録層の磁化容易方向と磁気記録媒体の法線方向とのなす角度が  $5^{\circ}$  以上  $55^{\circ}$  以下であり、前記磁化容易方向を記録層裏面から表面に向かう方向に取り、記録トラック方向を磁気記録媒体の移動方向の上流側から下流側に向かう方向に取るとき、前記磁化容易方向を磁気記録媒体面に投影した方向と前記記録トラック方向が略一致することを特徴とする磁気記録装置。

【請求項 5】 請求項 4 に記載の磁気記録装置において、前記磁気記録媒体は、前記記録層の磁化容易方向と磁気記録媒体の法線方向とのなす角度が  $25^{\circ}$  以

上 5 5° 以下であることを特徴とする磁気記録装置。

【請求項 6】 請求項 4 記載の磁気記録装置において、前記磁気記録媒体は、前記記録層の磁化容易方向を磁気記録媒体面に投影した方向と記録トラック方向とのなす角度が 7 0° 以下であることを特徴とする磁気記録装置。

【請求項 7】 Fe, Co, Ni, Mn, Sm, Pt, Pd のうち少なくとも 1 種類の元素を含有する合金粒子が有機化合物で被覆されてなるナノ粒子を基板上に配置してナノ粒子層を形成するナノ粒子層形成工程と、前記ナノ粒子層に赤外光を照射して磁性ナノ粒子とする赤外光照射工程と、前記ナノ粒子層に磁界を印加して磁性ナノ粒子の磁化の方向を略一方向に制御する磁界印加工程と、前記ナノ粒子層に紫外光を照射して前記有機化合物を架橋する紫外光照射工程とを備える磁気記録媒体の製造方法であって、前記磁界印加工程における印加磁界の方向と前記基板の法線方向とのなす角度が 5° 以上 6 0° 以下であることを特徴とする磁気記録媒体の製造方法。

【請求項 8】 Fe, Co, Ni, Mn, Sm, Pt 及び Pd のうち少なくとも 1 種類の元素を含有する合金粒子が有機化合物で被覆されてなるナノ粒子が基板上に配置されたナノ粒子層に赤外光を照射して磁性ナノ粒子とする赤外光照射装置と、前記ナノ粒子層に前記基板の法線方向とのなす角度が 5° 以上 6 0° 以下である平行な磁界を印加して磁性ナノ粒子の磁化の方向を略一方向に制御する磁界印加装置と、前記ナノ粒子層に紫外光を照射して前記有機化合物を架橋する紫外光照射装置と、前記基板上の赤外光照射位置および紫外光照射位置を移動させる装置とを備える磁気記録媒体製造装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、磁化容易方向に特徴を有する磁気記録媒体とそれを搭載した磁気記録装置及び磁気記録媒体の製造方法、製造装置に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

磁気記録装置の面記録密度を向上させるため、従来の面内磁気記録方式に代わ

って垂直磁気記録方式を用いることが考えられる。垂直磁気記録は、記録媒体に形成する記録磁化の向きを、膜面に対して垂直方向とするものであり、微細な記録磁化が熱的に安定となる利点がある。また垂直磁気記録に用いられる磁気ヘッドは記録再生分離ヘッドが考えられ、再生ヘッドには従来の面内磁気記録と同様の磁気抵抗効果型ヘッドが用いられるが、記録ヘッドには主磁極と補助磁極からなる単磁極ヘッドを用いることができる。単磁極ヘッドは、記録される垂直記録媒体に記録層の裏面に軟磁性層からなる裏打ち層を設けた二層媒体を用いることにより、従来の面内磁気記録で用いられているリングヘッドに比較してより強い磁界を発生させることができる利点を有する。垂直磁気記録方式において、分解能、 $S/N$ などの記録特性の向上が望まれている。ところが、例えば $S/N$ を高めるために記録媒体の記録層の平均粒径を小さくしたり、分解能を高くしようとヘッド磁界勾配を急峻にするために記録層の厚みを減らしたりすると、どうしても記録媒体の耐熱減磁特性が低下するという問題があった。

### 【 0 0 0 3 】

磁気記録の方式としてはこの他に磁気テープ媒体では広く用いられている斜め記録方式がある。これは記録磁化の向きを膜面法線方向から傾いた方向とし、リングヘッドで記録するもので、 $S/N$ 比の高い記録が実現できる。磁気テープ媒体の場合、記録トラック方向に対して、記録磁化を傾ける方向を逆にすると記録特性に違いがあることがよく知られている。すなわち、記録磁化の方向をテープ媒体の裏面から表面に向かう方向に取り、記録トラック方向をテープ媒体の移動方向の上流側から下流側に向かう方向に取るとき、記録磁化の方向をテープ媒体面上に投影した方向と前記記録トラック方向とが逆向きになる場合に記録特性がよい。このことは例えばアイ・イー・イー・イー・トランザクションズ・オン・マグネティクス 19 巻（1983 年）1635 頁から 1637 頁（IEEE Transactions on Magnetism, MAG-19 (1983) 1635-1637）に述べられている。この斜め記録方式をディスク状媒体に適用する試みは、例えば、特開昭 58-128023 号公報に述べられている。特開昭 58-128023 号公報には、リングヘッドで記録した場合、磁気記録媒体を構成する針状結晶粒子の長軸の基板表面の射影が円板の円周に実質上平行で、かつこの長軸が基板表面の垂線から  $45^\circ$  以上



の方向に傾いているとき再生出力が向上することが開示されている。一方、裏打ち層を備えた媒体に単磁極ヘッドで記録するときに磁化容易軸を傾斜させる効果については特開平 9 - 2 1 2 8 5 5 号公報に述べられている。特開平 9 - 2 1 2 8 5 5 号公報によれば、媒体の磁化容易軸を磁気記録媒体に投影した軸がトラック方向から  $90^\circ$  の方向に傾斜させた場合に S/N が向上することが述べられている。ただし、これらディスク状媒体に関する従来技術は、いずれも磁気記録媒体の移動方向と磁化容易軸の傾斜方向との関係が及ぼす効果についての検討はなされていなかった。

## 【 0 0 0 4 】

磁気記録媒体の製造方法として、面内磁気記録媒体や垂直磁気記録媒体の製造方法として従来から用いられている方法は、磁気記録媒体を構成する磁性材料などの薄膜を基板上に真空蒸着やスパッタリングなどの物理蒸着法により堆積させるものである。面内磁気記録媒体では、配向性を制御した下地膜の表面にエピタキシャル成長により記録層を形成し、磁化容易軸が膜面に平行になるように結晶を配向させる。膜面内では各結晶粒で概ねランダムな磁化容易軸をもつ場合と、ディスク状の磁気記録媒体の円周方向に磁化が向きやすいように弱い異方性を持たせる場合とがある。後者は、従来、テクスチャと呼ばれる微細な溝を表面に機械的に形成した基板を用いることにより実現していた。しかし記録密度を向上させるためには磁気ヘッドと磁気記録媒体の間のスペーシングを低減する必要がある。そこでテクスチャのない平滑な基板を用い、薄膜形成時に飛来する堆積粒子が基板法線方向から円周方向に傾いた方向となるように制御することで円周方向の異方性を持たせる技術が例えば特開 2 0 0 1 - 1 4 6 6 4 号公報、特開 2 0 0 2 - 1 0 9 7 2 9 号公報に開示されている。

## 【 0 0 0 5 】

また、全く別の製造方法としては、磁性ナノ粒子を規則的に配列させる方法が特開 2 0 0 0 - 4 8 3 4 0 号公報に開示されている。ただし、粒子の磁気異方性を制御する方法については述べられていない。

## 【 0 0 0 6 】

【発明が解決しようとする課題】

上記従来技術のうち、裏打ち層を備えた媒体に単磁極ヘッドで記録する垂直磁気記録方式において、耐熱減磁特性を損なうことなく分解能とS/Nを向上させる方法は従来提案されていなかった。また、裏打ち層を備え、磁化容易軸を媒体法線方向から傾斜させた媒体に単磁極ヘッドで記録する技術において、媒体移動方向と磁化容易方向を媒体面上に投影した方向が平行に近い場合についての検討はなされていなかった。

## 【 0 0 0 7 】

本発明の目的は、従来の垂直磁気記録媒体に比較して、耐熱減磁特性を損なうことなく、分解能とS/Nの高い磁気記録媒体を提供することにある。本発明の他の目的は、このような磁気記録媒体を用いて、従来の垂直磁気記録方式を用いた磁気記録装置に比較してより高面記録密度の磁気記録装置を提供することにある。本発明の他の目的は、このような磁気記録媒体の製造方法並びに製造装置を提供することにある。

## 【 0 0 0 8 】

## 【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、本発明の磁気記録媒体は、少なくとも軟磁性裏打ち層と記録層を有し、記録層の磁化容易方向が磁気記録媒体の法線方向から傾いた方向にあり、磁化容易方向を記録層裏面から表面に向かう方向に取り、記録トラック方向を磁気記録媒体の移動方向の上流側から下流側に向かう方向に取るとき、磁化容易方向を磁気記録媒体面上に投影した方向と記録トラック方向とが略一致することを特徴とする。これは前項で述べたテープ媒体とリングヘッドの組み合わせの場合に好適な方向とは逆方向である。磁化容易方向を磁気記録媒体面上に投影した方向と記録トラック方向とのなす角度を $70^{\circ}$ 以下としてもよい。磁化容易方向は、磁気記録媒体の法線方向から $5^{\circ}$ 以上 $55^{\circ}$ 以下の方向に傾けることに特徴がある。

## 【 0 0 0 9 】

本発明の磁気記録装置は、これらの媒体を用い、単磁極ヘッドにより情報を記録されることを特徴とする。本発明の磁気記録装置は、少なくとも単磁極ヘッドと、単磁極ヘッドを搭載したスライダと、スライダを固定するサスペンションア

ームと、サスペンションアームを支持するアクチュエーターを備え、アクチュエーターが動くことにより、単磁極ヘッドを回転するディスク状の磁気記録媒体上の任意の位置に移動させて情報を記録する機能を有する。

#### 【 0 0 1 0 】

本発明の磁気記録媒体の製造方法には、大きく分けて次の二つの方法が考えられる。その一つは、面内磁気記録媒体や垂直磁気記録媒体の製造方法として従来から用いられている方法と同様、磁気記録媒体を構成する磁性材料の薄膜を基板上に真空蒸着やスパッタリングなどの物理蒸着法により堆積させるものである。本発明の磁気記録媒体は、蒸着あるいはスパッタリング粒子を基板の法線方向から傾いた方向から入射させることにより製造することができる。すなわち通常のスパッタリング法でターゲットから基板に飛来する粒子のうち基板の法線方向から特定の角度に傾いた方向の粒子のみを通過せしめるようなマスク板をターゲットと基板の間に置く方法が考えられる。この場合、基板およびターゲットを回転させながら成膜することで基板全面で均一な膜が得られる。また、イオンビームスパッタリングのように方向性をもったスパッタリング粒子が得られるようなスパッタ法を用いて、基板を回転させながら成膜すれば、マスク板やスリットを使うことなく本発明の磁気記録媒体を製造することができる。

#### 【 0 0 1 1 】

考えられるもう一つの製造方法は、不規則合金を熱処理することにより規則化させることで強磁性を発現する  $L1_0$  型結晶構造などの金属間化合物材料の薄膜を記録層として用いる方法である。ナノメートルサイズの微小な不規則合金粒子と有機化合物からなるナノ粒子層を基板上に形成し、赤外レーザを照射して粒子を加熱して規則化させ、規則化が始まると同時に外部から磁界を膜面法線方向から傾いた方向に印加して粒子の磁化容易方向を磁界方向に向けた後、紫外光を照射して有機化合物を架橋し、ナノ粒子を固着することにより本発明の磁気記録媒体製造することができる。

#### 【 0 0 1 2 】

この場合、粒子の平均粒径は  $20\text{ nm}$  以下であり、Fe, Co, Ni, Mn, Sm, Pt 及び Pd のうち少なくとも 1 種類の元素を含有する合金とし、磁界印

加工程における印加磁界の方向と前記基板の法線方向とのなす角度を $5^{\circ}$ 以上 $60^{\circ}$ 以下とする。有機化合物にはオレイン酸、カルボン酸、ホスホン酸、ホスフィン酸、スルホン酸、スルフィン酸、チオールなどの化合物を用いることができる。

#### 【0013】

また、このような媒体を製造する本発明の磁気記録媒体製造装置は、ナノ粒子が基板上に規則的に配置されたナノ粒子層に赤外光を照射して磁性ナノ粒子とする赤外光照射装置と、ナノ粒子層に基板の法線方向とのなす角度が $5^{\circ}$ 以上 $60^{\circ}$ 以下である平行な磁界を印加して磁性ナノ粒子の磁化の方向を略一方向に制御する磁界印加装置と、ナノ粒子層に紫外光を照射して前記有機化合物を架橋する紫外光照射装置と、基板上の赤外光照射位置および紫外光照射位置を移動させる装置とを備えることを特徴とする。

#### 【0014】

本発明の磁気記録媒体及び磁気記録装置は、円盤状の基板に形成し、回転させて記録する磁気ディスク装置に限定されるものではなく、ヘッドと媒体の位置を相対的に動かしながら記録再生する記録装置であれば有効である。もちろん磁気テープ装置にも用いることができる。

#### 【0015】

本発明によって得られた磁気記録媒体を用いることにより、耐熱減磁特性を損なうことなく、分解能とS/Nを高めることができる。さらに、本発明の磁気記録媒体を搭載することにより面記録密度を向上させた磁気記録装置を提供できる。

#### 【0016】

##### 【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。

##### 〔実施例1〕

図1は、本発明による磁気記録媒体の一例の断面を示す概略図である。基板11上に設けられた軟磁性裏打ち層12とその表面に中間層13を介して記録層14が設けられている。記録層の表面には保護層15が設けられる。記録層の磁化

容易方向 1 6 は媒体の法線方向から媒体の移動方向 1 7 に向けて傾いた方向に存在する。

【 0 0 1 7 】

図 2 は、本発明による磁気記録装置の一例の概略図である。ロータリーアクチュエーター 2 1 に支持されたサスペンションアーム 2 2 の先端にスライダ 2 3 が固定されている。このスライダの端部に設けられた磁気ヘッド素子部 2 4 により図の回転方向 2 5 に回転する磁気記録媒体 2 6 に情報を記録再生する。磁気ヘッド素子部 2 4 における記録ヘッドには単磁極ヘッド、再生ヘッドには磁気抵抗効果型ヘッドを用いた。ロータリーアクチュエーター 2 1 が回転することによりヘッド素子 2 4 をディスクの異なる半径位置へと移動させ位置決めすることが可能となる。このとき、媒体上には同心円の記録トラック 2 7 が形成される。

【 0 0 1 8 】

図 3 は、本発明の一実施例の磁気記録過程におけるヘッドと媒体の配置を示す模式図である。主磁極 3 1 と補助磁極 3 2 とコイル 3 3 からなる記録ヘッド（単磁極ヘッド）と、記録層 3 4 と軟磁性裏打ち層 3 5 を有する磁気記録媒体が相対して配置される。コイル 3 3 に電流を流して励磁すると、主磁極 3 1 の先端と軟磁性裏打ち層 3 5 の間に垂直方向の磁界が生じ、これにより磁気記録媒体の記録層 3 4 に記録がなされる。軟磁性裏打ち層 3 5 へ流れた磁束は補助磁極 3 2 へと戻り磁気回路を作る。媒体とヘッドは相対的に位置を変えながら記録がなされる。ここでヘッドを固定し媒体が移動するとき、記録トラック方向を媒体移動方向 3 6 の上流側から下流側に向かう方向とし、磁化容易方向を記録層裏面から表面に向かう方向にとるとき、磁化容易方向を媒体面に投影した方向と記録トラック方向がほぼ一致するように配置する。なお厳密には記録トラックは媒体の回転中心を中心とする同心円であるため、ここで述べている記録トラック方向とはその場所での記録トラックに対する接線方向のことである。

【 0 0 1 9 】

図 4 は本実施例に用いた磁気記録媒体の磁化容易方向と媒体移動方向を示したものである。本実施例では、磁気記録媒体 4 1 の磁化容易方向 4 2 は磁気記録媒体の法線方向 4 3 から角度  $\alpha$  だけ傾いた方向にあるが、磁化容易方向を記録層裏

面から表面に向かう方向に取り、記録トラック方向 4 4 を磁気記録媒体の移動方向 4 5 の上流側から下流側に向かう方向に取るとき、磁化容易方向 4 2 を磁気記録媒体面に投影した方向 4 6 と記録トラック方向 4 4 が略一致するようにした。なお、記録トラック方向 4 4 はディスク状の磁気記録媒体 4 1 と同心円である記録トラック 4 7 の接線方向とした。

## 【 0 0 2 0 】

ここで、磁化容易方向と磁気記録媒体の法線方向との角度  $\alpha$  を変えた場合の記録再生特性を計算機シミュレーションにより見積もった結果を図 5 及び図 6 に示す。計算条件は、記録層の磁性粒子の平均粒径 12.7 nm、記録層膜厚 20 nm、磁気異方性定数  $1.3 \times 10^{-5} \text{ J/m}^3$ 、飽和磁化 0.314 T、裏打ち層厚さ 100 nm、裏打ち層飽和磁束密度 1.8 T、裏打ち層比透磁率 100、主磁極幅 150 nm、主磁極厚さ 400 nm、ヘッド媒体間の磁気的スペーシング 15 nm、ヘッド媒体間相対速度 20 m/s とした。ビット長 152 nm の低密度記録および 38 nm の高密度記録を行い、低密度出力に対する高密度出力の百分率である分解能と、高密度ノイズに対する低密度出力の比を dB で表した S/N 比を求めた。ヘッド磁界強度は 939 kA/m であった。

## 【 0 0 2 1 】

図 5 に角度  $\alpha$  に対する分解能を、図 6 に角度  $\alpha$  に対する S/N をそれぞれ示す。分解能は  $\alpha = 0^\circ$  の値に対して  $\alpha \geq 25^\circ$  で徐々に向上する。一方、S/N は  $5^\circ \leq \alpha \leq 55^\circ$  で  $\alpha = 0^\circ$  の時よりも向上した。したがって本発明は、磁化容易方向と磁気記録媒体の法線方向との角度  $\alpha$  が  $5^\circ$  以上  $55^\circ$  以下の場合に S/N を向上させる効果があり、特に  $\alpha$  が  $25^\circ$  以上  $55^\circ$  以下の場合に分解能及び S/N を共に向上させる効果があることがわかった。 $\alpha$  が大きいほど分解能及び S/N が高くなる原因は明らかではないが、必要記録磁界の変化と関係があると考えられる。

## 【 0 0 2 2 】

図 7 に、角度  $\alpha$  に対する必要記録磁界を示した。ここで、必要記録磁界とは、ヘッド磁界強度の最大値を変えて記録して求めた再生出力の最大値に対して 80 % の再生出力が得られるヘッド磁界強度と定義した。ビット長は 152 nm とし

た。必要記録磁界は  $0^{\circ} \leq \alpha \leq 50^{\circ}$  の範囲で単調に減少した。分解能及び  $S/N$  を見積もったときの記録磁界はどの場合も一定値としたため、必要記録磁界が低い場合ほど、分解能及び  $S/N$  を見積もったときの相対的な記録磁界が大きくなっており、これが分解能及び  $S/N$  を向上させたと考えられる。

## 【 0 0 2 3 】

上述のとおり、本発明では、磁化容易方向と磁気記録媒体の法線方向との角度  $\alpha$  が  $5^{\circ} \leq \alpha \leq 55^{\circ}$  以下の場合に  $S/N$  を向上させる効果があり、特に  $25^{\circ} \leq \alpha \leq 55^{\circ}$  の場合に分解能及び  $S/N$  を共に向上させる効果があった。例えば  $\alpha = 40^{\circ}$  の場合には、 $\alpha = 0^{\circ}$ 、すなわち磁化容易方向が磁気記録媒体の法線方向にある場合に比べて分解能が 1.4 倍になり、 $S/N$  が 3 dB 改善された。また、この二つの媒体の耐熱減磁特性は、記録後の経過時間 10 秒の場合の再生出力に対する 100 時間後の再生出力の割合で表すと、共に 0.88 となり差がなかった。

## 【 0 0 2 4 】

## 〔実施例 2〕

実施例 1 と同様の磁気記録媒体において、磁化容易方向を記録層裏面から表面に向かう方向に取り、記録トラック方向を磁気記録媒体の移動方向の上流側から下流側に向かう方向に取るとき、磁化容易方向を磁気記録媒体面に投影した方向と記録トラック方向との角度  $\beta$  を変えた場合の分解能と  $S/N$  を見積もった。

## 【 0 0 2 5 】

図 8 は、本実施例に用いた磁気記録媒体の磁化容易方向と媒体移動方向を示したものである。磁気記録媒体 81 の磁化容易方向 82 は磁気記録媒体の法線方向 83 から角度  $\alpha$  だけ傾いた方向にあるが、磁化容易方向を記録層裏面から表面に向かう方向に取り、記録トラック方向 84 を磁気記録媒体の移動方向 85 の上流側から下流側に向かう方向に取るとき、磁化容易方向を磁気記録媒体面に投影した方向 86 と記録トラック方向 84 とのなす角度を  $\beta$  としている。なお記録トラック方向 84 はディスク状の磁気記録媒体 81 と同心円である記録トラック 87 の接線方向である。磁化容易方向と磁気記録媒体の法線方向との角度  $\alpha$  は  $45^{\circ}$  に固定した。

## 【 0 0 2 6 】

図 9 に角度  $\beta$  に対する分解能を、図 1 0 に角度  $\beta$  に対する  $S/N$  をそれぞれ示す。図 9 に示すように、分解能は  $0^\circ \leq \beta \leq 20^\circ$  の範囲が最も高く、 $20^\circ \leq \beta \leq 135^\circ$  の範囲で単調に減少したが、 $0^\circ \leq \beta \leq 110^\circ$  の範囲で図 5 に示した  $\alpha = 0^\circ$  での分解能を上回っていた。図 1 0 より、 $S/N$  は  $0^\circ \leq \beta \leq 70^\circ$  の範囲で高いことがわかった。したがって  $0^\circ \leq \beta \leq 70^\circ$  の範囲であれば、分解能および  $S/N$  が共に向上する効果が得られることがわかった。また、 $\beta = 180^\circ$  の場合にも  $\beta = 0^\circ$  と比較して低分解能、低  $S/N$  であることがわかった。 $\beta = 180^\circ$  の場合の磁化容易方向は、本発明の磁化容易方向とは逆の方向に傾斜している。すなわち、磁化容易方向を記録層裏面から表面に向かう方向に取り、記録トラック方向を磁気記録媒体の移動方向の上流側から下流側に向かう方向にとるとき、磁化容易方向を磁気記録媒体面に投影した方向と記録トラック方向とが反平行となる場合である。これは斜め蒸着テープにリングヘッドで記録する場合に好適とされる配置である。

## 【 0 0 2 7 】

本発明で斜め蒸着テープとリングヘッドの組み合わせで好適な磁化容易方向とは逆に傾ける方が有効となった理由は明らかではないが、本発明の磁気記録媒体の記録層は図 3 に示すとおり軟磁性裏打ち層を備えており、記録過程において単磁極ヘッドの主磁極から軟磁性裏打ち層に向かってほぼ媒体法線方向に急峻な磁界が印加される点が、軟磁性裏打ち層のないテープ媒体にリングヘッドを用いた場合とは異なる作用をもたらしていると考えられる。

## 【 0 0 2 8 】

上述のとおり、本発明では、斜め蒸着テープの場合とは逆の、磁化容易方向を磁気記録媒体面に投影した方向と記録トラック方向との角度  $\beta$  が、 $0^\circ \leq \beta \leq 70^\circ$  の場合に分解能および  $S/N$  を共に向上させる効果があり、特に  $0^\circ \leq \beta \leq 20^\circ$  の範囲にあるときに分解能向上の効果が大きい。例えば  $\beta = 20^\circ$  で  $\alpha = 45^\circ$  の場合は、 $\alpha = 0^\circ$ 、すなわち磁化容易方向が磁気記録媒体の法線方向にある場合に比べて分解能が 1.5 倍に改善された。なお、この二つの媒体の耐熱減磁特性は、記録後の経過時間 10 秒の場合の再生出力に対する 100 時間後の



再生出力の割合で表すと、前者が 0.89、後者が 0.88 でほとんど差がなかった。

【 0 0 2 9 】

〔実施例 3〕

実施例 1 と同様の磁気記録媒体を作製した。成膜にはスパッタリング法を用いた。記録膜形成の際に、ターゲットと基板との間に入射粒子の方向を制限するマスク板を設け、基板の法線方向から一方向に傾いた方向から飛来する粒子のみが堆積するように配置した。マスク板としてはプロペラ状のものや中心軸が板の法線方向から傾いた穴を設けたものなどが考えられるが、本実施例では後者を用いた。図 11 にターゲット 111、マスク板 112、基板 113 の配置と入射粒子の方向 114 を示した。ターゲットとマスク板を回転させながら記録膜を堆積させることで均一な膜が形成できた。軟磁性裏打ち層は FeTaC を膜厚 400 nm、中間膜は NiTaZr を膜厚 5 nm とし、記録膜は CoCrPtB を膜厚 20 nm とした。なお、中間膜は記録膜の結晶性および配向性を向上させると共に、軟磁性裏打ち層と記録膜との間の原子拡散を防ぐ機能を有する。表面にはカーボン保護膜を膜厚 2 nm で成膜した。基板温度 373 K、スパッタ時のアルゴンガス圧 1 Pa とした。本実施例のマスク板では穴の中心軸が板の法線方向から 50° 傾いた方向とし、中心軸を基板面に投影したときの軸方向が基板の円周方向の接線方向に一致するように傾けた。

【 0 0 3 0 】

このようにして作製した磁気記録媒体の結晶形態を電子顕微鏡で断面観察した。円周の接線に平行に切り出した小片からサンプルを作製し観察したところ、柱状の結晶粒が膜面法線方向から傾いた方向に倒れて形成されていた。傾きの角度はおよそ 45° であった。この磁気記録媒体をいくつかの小片に切り、媒体法線方向と円周方向を含む面で磁界を回転させるトルク曲線を測定したところ、磁化容易方向は媒体法線方向から平均しておよそ 38° の方向にあることがわかった。このような方法で作製した磁気記録媒体に単磁極ヘッドで記録再生を行ったところ、マスク板を用いずに作製した垂直磁気記録媒体に比較して分解能が 1.3 倍、S/N で 2.6 dB 改善されていた。

## 【 0 0 3 1 】

## 〔実施例 4〕

実施例 2 と同様の磁気記録媒体を作製した。記録層には F e P t 合金のナノ粒子媒体を用いた。F e P t は  $L1_0$  型結晶構造をもつ金属間化合物で、不規則合金を熱処理することにより規則化させることで強磁性を発現する。本実施例ではあらかじめスパッタリング法で軟磁性裏打ち層 F e T a C を膜厚 2 0 0 n m 形成し、中間層として N i T a Z r を膜厚 4 n m 形成した基板の上に、平均粒径約 9 n m の不規則合金粒子とオレイン酸有機化合物からなるナノ粒子膜を形成した。

## 【 0 0 3 2 】

図 1 2 の概略図に示すとおり、この基板 1 2 1 に外部の磁界印加装置 1 2 5, 1 2 6 から平行な磁界 1 2 2 を印加しながら、赤外光照射装置 1 2 7 から波長 8 0 0 n m の赤外レーザ 1 2 3 を照射して粒子を加熱して規則化させ、粒子の磁気異方性を磁界方向に向けた後、直ちに紫外光照射装置 1 2 8 から波長 2 0 0 n m の紫外光 1 2 4 を照射して有機化合物を架橋し、ナノ粒子を固着することにより磁気異方性を制御した。磁界の大きさは 1 0 k O e で、磁界を印加する方向は、媒体法線方向から 6 0 ° 傾いた方向とし、赤外レーザおよび紫外光を照射する場所において、磁界印加方向を媒体面に投影した方向が媒体円周方向から 2 0 ° になるように配置した。媒体を回転させながら照射を行い、照射位置を半径方向に移動しながら全面をまんべんなく照射した。

## 【 0 0 3 3 】

このようにして作製した磁気記録媒体をいくつかの小片に切り、媒体法線方向と、円周方向から 2 0 ° 回転した方向とを含む面で磁界を回転させてトルク曲線を測定したところ、磁化容易方向は媒体法線方向から平均しておよそ 5 5 ° の方向にあることがわかった。すなわち、本実施例の方法で、媒体の磁化容易方向を媒体法線方向から 5 5 ° の方向とするためには、磁界印加方向を媒体法線方向から 6 0 ° 傾いた方向とする必要があった。また、媒体の磁化容易方向を媒体法線方向から 5 ° の方向とするためには、磁界印加方向も媒体法線方向から 5 ° 傾いた方向で十分であった。したがって磁化容易方向が媒体法線方向から 5 ° 以上 5 5 ° 以下となる磁気記録媒体を製造するために、本実施例の磁気記録媒体を製造

する装置は、磁界印加方向を  $5^{\circ}$  以上  $60^{\circ}$  以下の角度で変えられるようにした。

【0034】

このような方法で作製した磁気記録媒体に単磁極ヘッドで記録再生を行ったところ、作製時に磁界を媒体面に垂直に印加した垂直磁気記録媒体に比較して分解能が 1.6 倍に、 $S/N$  が 0.6 dB 改善されていた。

【0035】

また、同様の方法で記録層の材料を変えた磁気記録媒体を作製した。この場合の分解能と  $S/N$  が、同じ材料を用いて作製時に磁界を媒体面に垂直に印加した垂直磁気記録媒体の分解能、 $S/N$  に対してどれくらい改善されたかを比較した結果を表 1 に示す。

【0036】

【表 1】

表 1. 記録層材料による分解能、 $S/N$  の改善効果の比較

記録層材料	分解能改善比 (—)	$S/N$ 改善比 (dB)
FePt	1.6	0.6
CoPt	1.3	0.3
CoPd	1.2	0.4
SmCo	1.2	0.5
FeNiPt	1.1	0.3
FeMnAl	1.1	0.0

【0037】

【発明の効果】

本発明によれば、上述したように、磁化容易方向が磁気記録媒体の法線方向から傾いた記録層と軟磁性裏打ち層とを少なくとも有する磁気記録媒体に、単磁極ヘッドにより情報を記録した結果、磁化容易方向が媒体法線方向にある垂直磁気記録媒体に比較して、耐熱減磁特性を損なわずに分解能と  $S/N$  を高めることができるという効果がある。また、その結果、面記録密度を向上させた磁気記録装

置を提供できるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の一実施例の磁気記録媒体の断面の概略図である。

【図 2】

本発明の一実施例の磁気ディスク装置の概略図である。

【図 3】

本発明の一実施例の磁気記録過程におけるヘッドと媒体の配置を示す模式図である。

【図 4】

本発明の一実施例の磁気記録媒体の磁化容易方向と媒体移動方向を示す模式図である。

【図 5】

本発明の一実施例の磁化容易方向に対する分解能の変化を示す図である。

【図 6】

本発明の一実施例の磁化容易方向に対する S/N の変化を示す図である。

【図 7】

本発明の一実施例の磁化容易方向に対する必要記録磁界の変化を示す図である。

【図 8】

本発明の一実施例の磁気記録媒体の磁化容易方向と媒体移動方向を示す模式図である。

【図 9】

本発明の一実施例の磁化容易方向に対する分解能の変化を示す図である。

【図 10】

本発明の一実施例の磁化容易方向に対する S/N の変化を示す図である。

【図 11】

本発明の一実施例のターゲット、マスク板、基板の配置を示す模式図である。

【図 12】

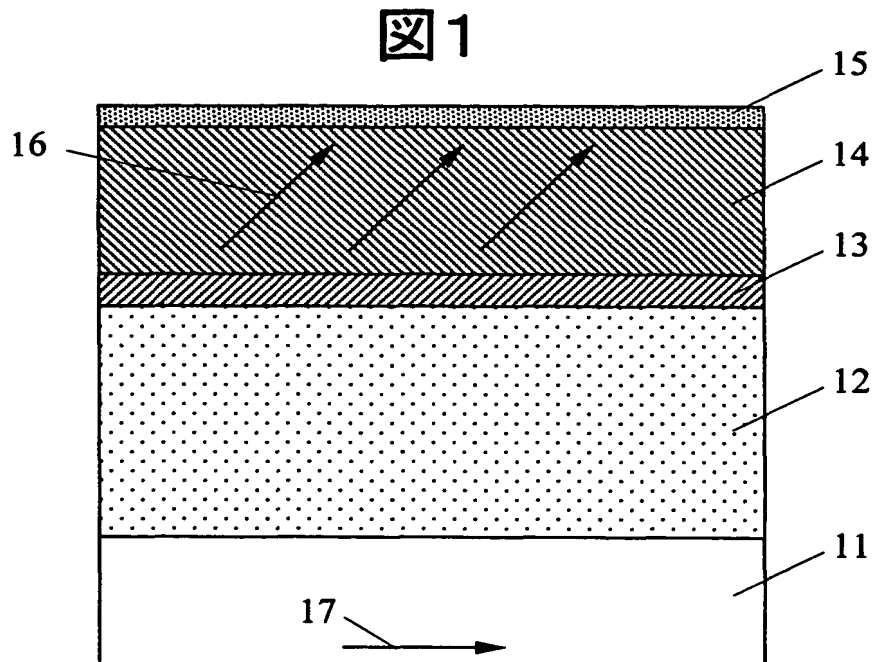
本発明の一実施例の磁界印加方向と磁気記録媒体の配置を示す模式図である。

【符号の説明】

1 1, 1 1 3, 1 2 1…基板、1 2, 3 5…軟磁性裏打ち層、1 3…中間層、  
1 4, 3 4…記録層、1 5…保護層、1 6, 4 2, 8 2…磁化容易方向、1 7…  
媒体移動方向、2 1…ロータリーアクチュエーター、2 2…サスペンションア  
ーム、2 3…スライダ、2 4…磁気ヘッド素子部、2 5…ディスク回転方向、2 6  
, 4 1, 8 1…磁気記録媒体、2 7, 4 7, 8 7…記録トラック、3 1…主磁極  
、3 2…補助磁極、3 3…コイル、3 6, 4 5, 8 5…媒体移動方向、3 7…シ  
ールド、3 8…磁気抵抗効果膜、4 3, 8 3…媒体法線方向、4 4, 8 4…記録  
トラック方向、4 6, 8 6…磁化容易方向を磁気記録媒体面に投影した方向、1  
1 1…ターゲット、1 1 2…マスク板、1 1 4…入射粒子の方向、1 2 2…磁界  
印加方向、1 2 3…赤外レーザー、1 2 4…紫外光

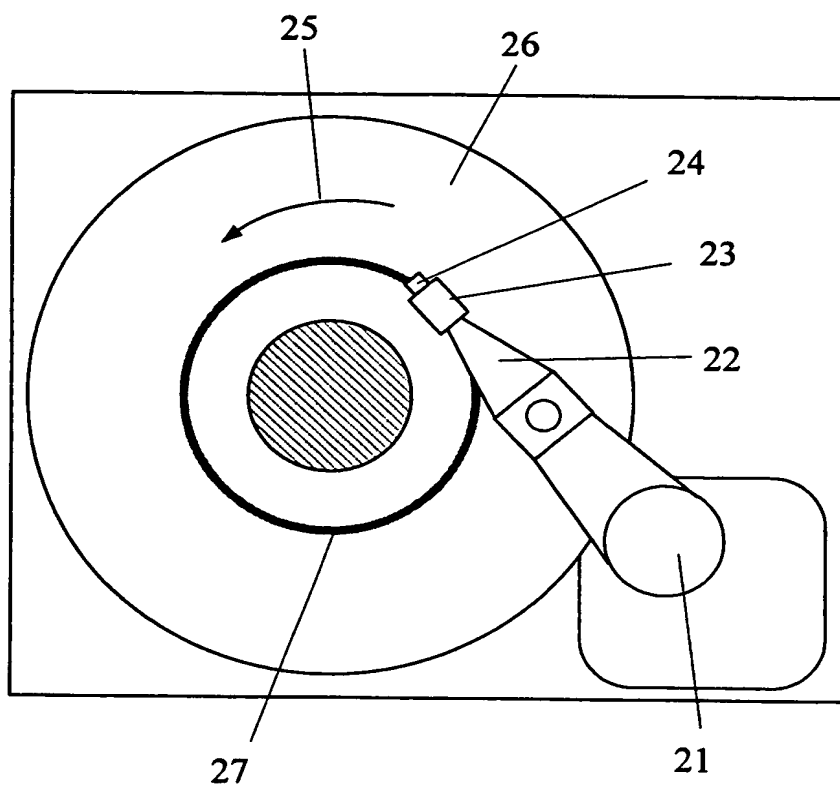
【書類名】 図面

【図 1】

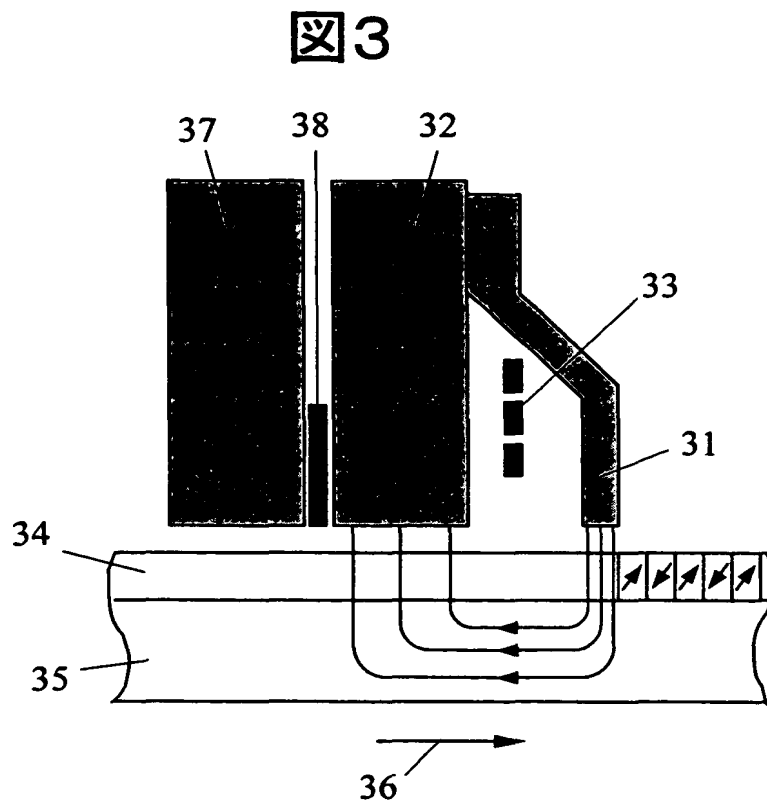


【図 2】

図 2



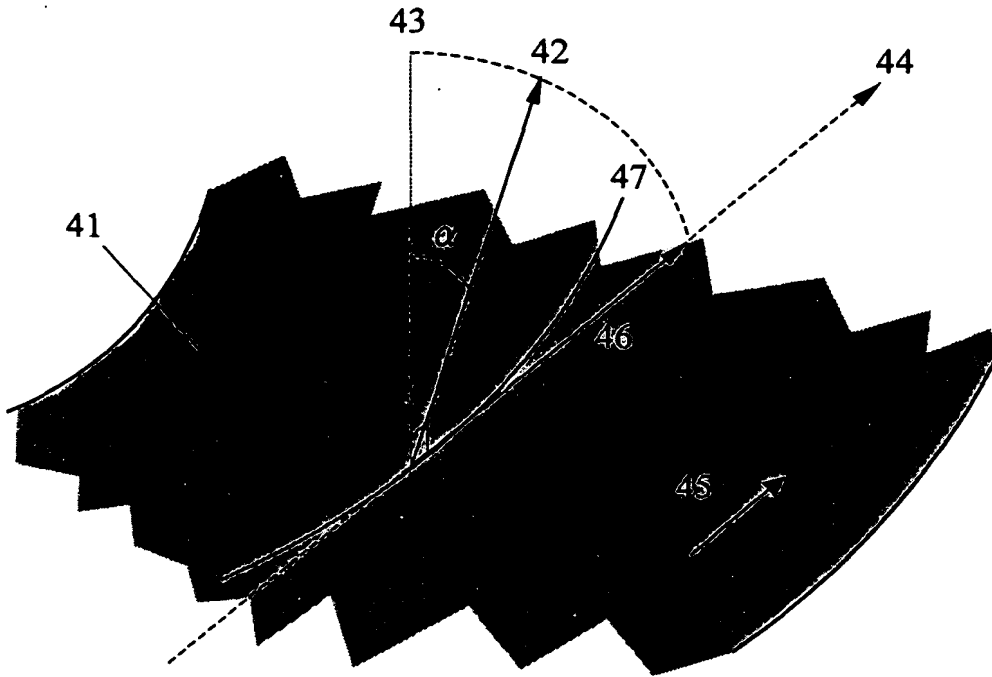
【図 3】





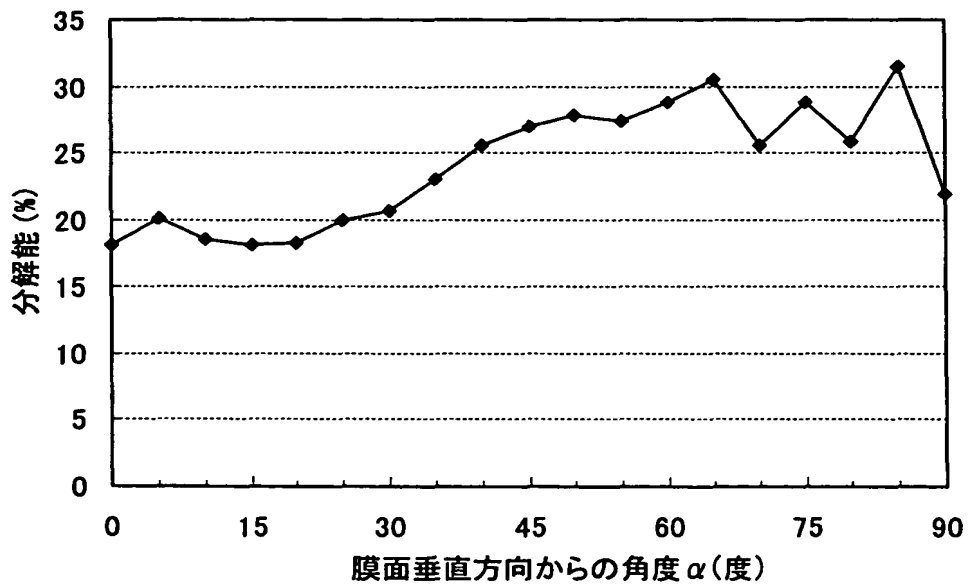
【図 4】

図 4

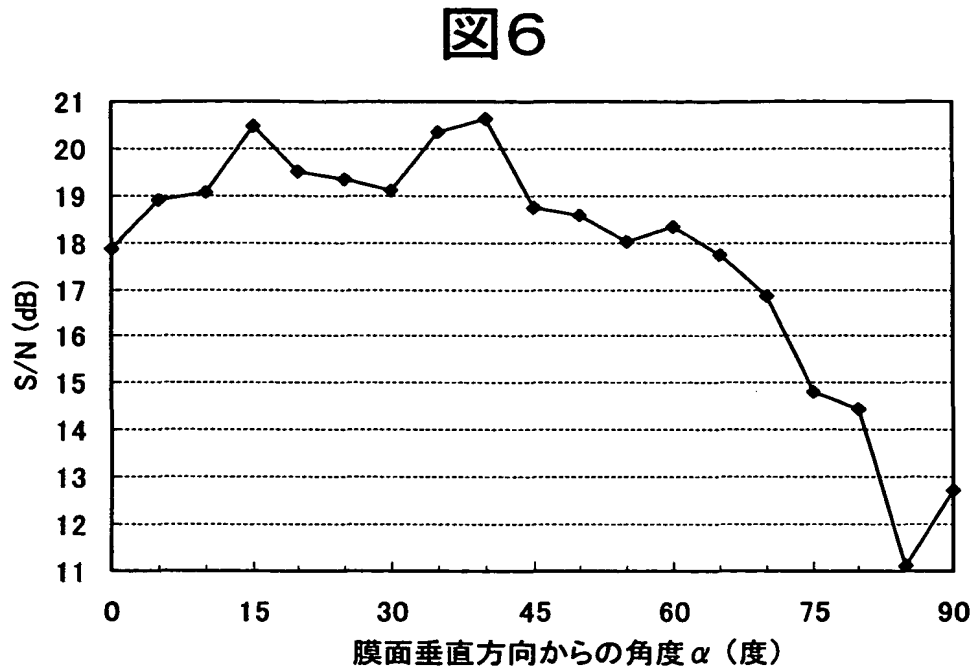


【図 5】

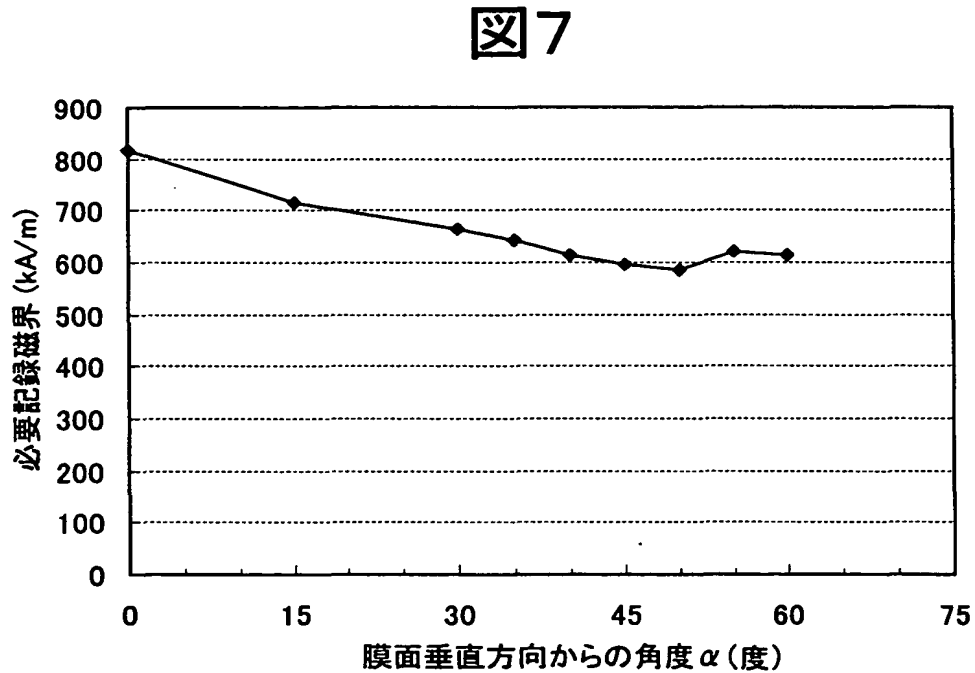
図 5



【図 6】

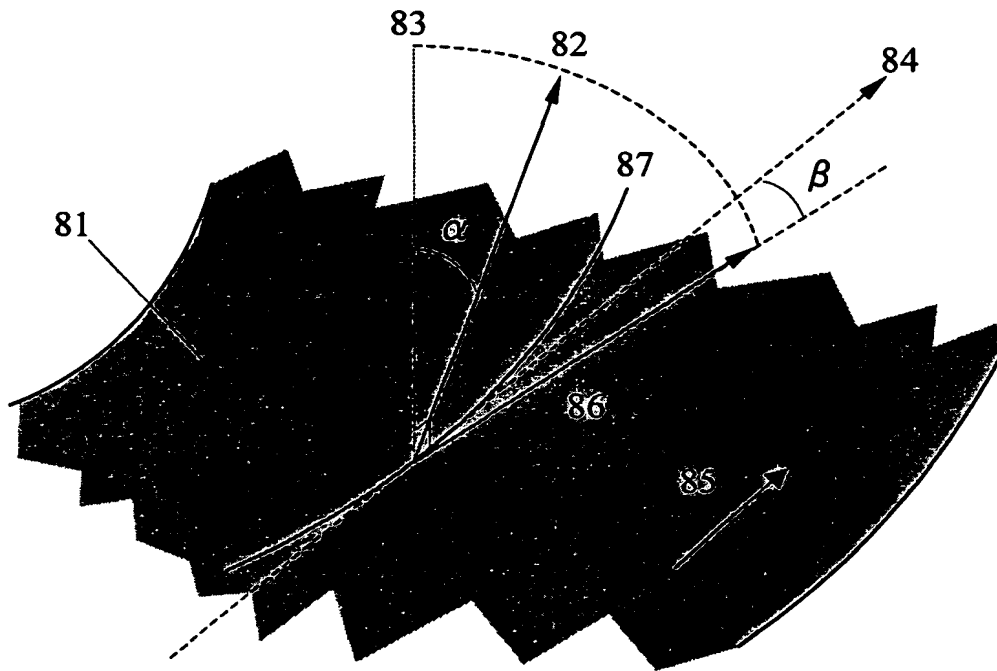


【図 7】



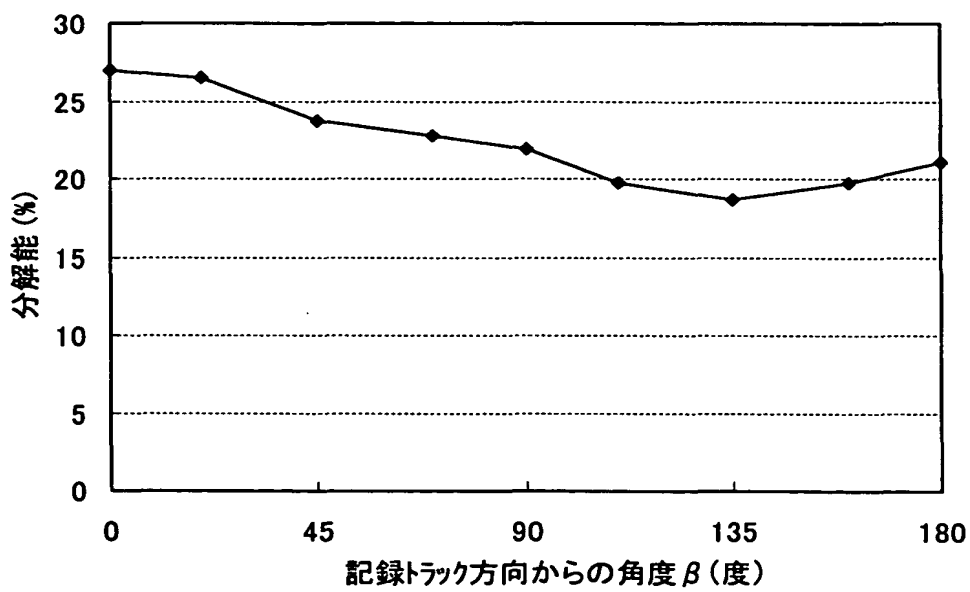
【図 8】

図 8



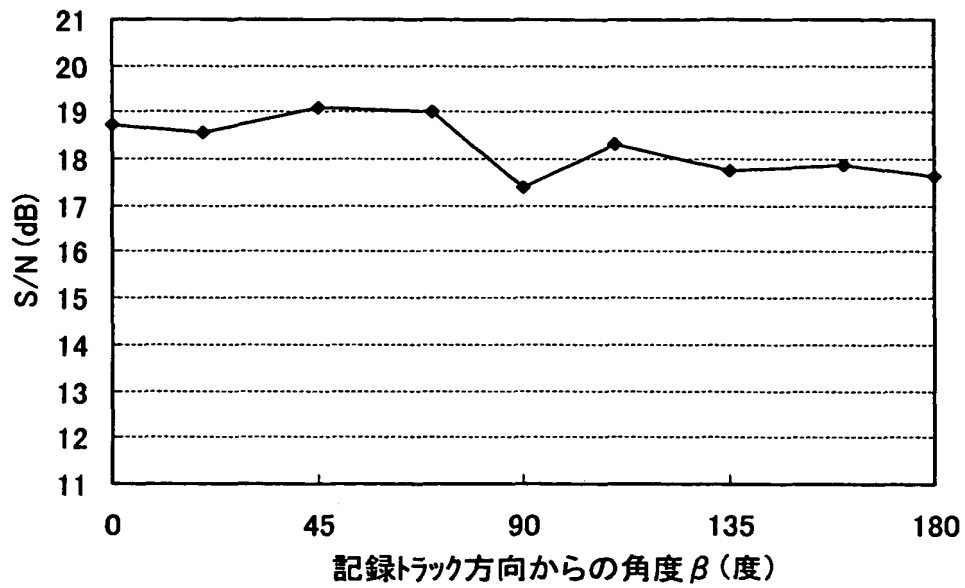
【図 9】

図 9



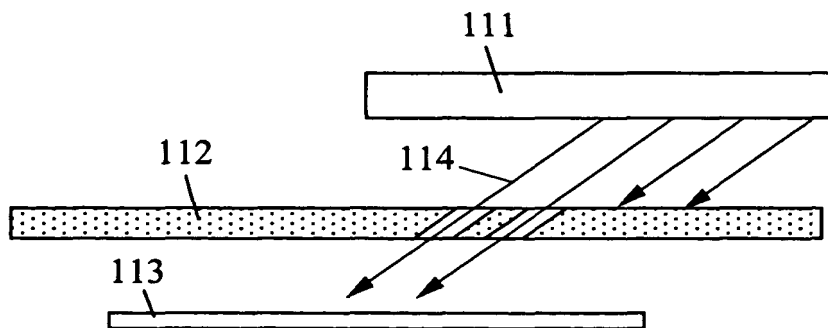
【図 1 0】

図 10



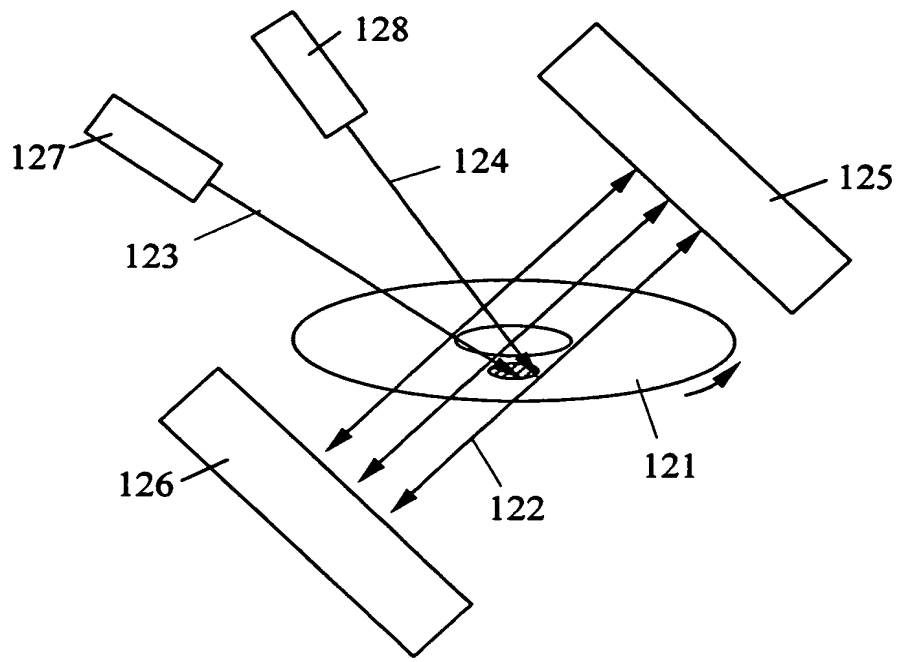
【図 1 1】

図 11



【図 1 2】

図 1 2



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 従来技術に比較して、耐熱減磁特性を損なうことなく、分解能と S/N を高めた磁気記録装置を提供する。

【解決手段】 記録層の磁化容易方向と磁気記録媒体の法線方向とのなす角度を  $5^{\circ}$  以上  $55^{\circ}$  以下とし、磁化容易方向を記録層裏面から表面に向かう方向に取り、記録トラック方向を磁気記録媒体の移動方向の上流側から下流側に向かう方向に取るとき、前記磁化容易方向を磁気記録媒体面上に投影した方向と前記記録トラック方向とのなす角度を  $0^{\circ}$  以上  $70^{\circ}$  以下とする。

【選択図】 図 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 5 1 0 8 ]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 3 1 日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区神田駿河台 4 丁目 6 番地  
氏 名 株式会社日立製作所